

屋外環境下におけるローバの自律走行
～超音波センサと方位センサを用いた制御システムの開発～

○函館高専 四家祐介、函館高専 石若裕子、はこだて未来大 加藤浩仁、はこだて未来大 大沢英一

要旨

現在、GPS を用いたローバの自律走行に関する様々な研究が行われている。ローバが自律走行する場合、屋外では障害物や電波遮蔽物が存在すると考えられ、それらはローバの走行や GPS データの取得を妨げる。そこで本研究では、超音波センサを用いて障害物回避を行い、方位センサを用いて GPS データを得られない場合の制御を行うことにより、屋外環境下での自律走行に有効な制御システムを開発する。

1.はじめに

現在、ローバの自律走行に関する研究が多く行われている^[1]。屋外のローバの自律走行には GPS が用いられるが、衛星からの電波が途切れた場合の制御方法も必要である。そこで、これまで INS(Inertial Navigation System)を用いた制御などが研究されてきた^{[2][3]}。しかし、INS は積分計算を用いるため、時間と共に誤差が大きくなるという欠点がある。その欠点を補うために GPS による補正を必要とし、長時間 GPS データが得られない環境では不利である。

本研究では、方位センサを用いた自律走行を考え、障害物回避のための超音波センサと組み合わせたローバの制御システムの開発を行う。

2.CanSat プロジェクト概要

CanSat プロジェクトは、1998 年 11 月に Stanford 大学の Twiggs 教授によって提案され、1999 年 9 月から実施されている^[4]。CanSat プロジェクトでは 350ml 缶、またはその 3 倍程度のサイズのロボット(以下、CanSat と記す)を取り扱う。それら CanSat をアマチュアロケットで打ち上げ、上空 4km 程度で放出し、落下中の CanSat が各機関毎のミッションを試みるものである。本研究では、CanSat プロジェクトの 1 つであり、ロケットからの放出後、CanSat の自律制御により目標地点へ到達する"Comeback Competition"に参加することを目的としている。そこで小型ローバを製作、実験することによって本研究の制御システムの有効性を検証する。

3.ローバの概要

ローバとは、地表を動き回る能力を有した探査車のことである。ローバには広い範囲の移動を可能とする利点があり、走行には自律制御が多く用いられる。屋外の自律走行では GPS によって自己位置評定を行い、目的地に向かって走行する。以下にローバ及び GPS の欠点を示す。

- 1) 障害物があると走行が困難になる
- 2) 電波遮蔽物があると GPS データが遮られる
- 3) 自己位置評定に 5~10m 程度の GPS の誤差が出る

本研究のシステムは、GPS データが途切れた場合に方位センサを用い、目的地へ向かって走行する。また、

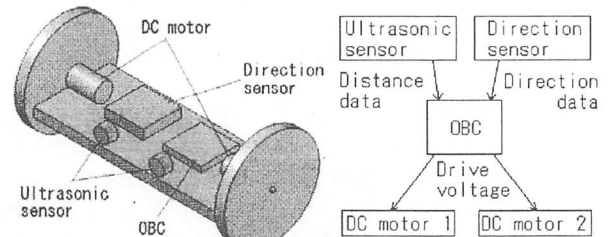


Fig.1 Two driving-wheel type rover

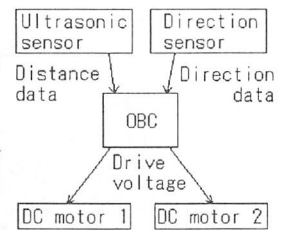


Fig.2 System configuration

ローバ前方に超音波センサを取り付け、進路上の障害物を検知して回避を行う。本研究では、Fig.1 に示す二駆動輪型のローバがこれらの制御を行い自律走行する。

4.制御システム概要

本研究で用いるシステムは以下の入出力と OBC(On Board Computer)で構成する。

- ・ 超音波センサ(送信部:T40-16、受信部:R40-16)
- ・ 方位センサ(RDCM-802)
- ・ OBC (AKI-H8/3048F)
- ・ 直流モータ

超音波センサは、送信パルスと障害物からの反射パルスの時間差から距離を測定する。利点は、多少の音圧の変化があっても誤差 3%程度の測定ができ、短距離の障害物判断に有効なことである。欠点は、正面以外からの反射にも反応してしまうことと、障害物からの反射が弱い場合には測定が困難なことである。

方位センサは、磁気センサを用いて 8 方位を 2 進数 3 ビットのデータで出力する。利点は、地磁気から常に方位を検出しているため、時間的な累積誤差が生じないことである。欠点は、センサの配置によっては電気回路から発生する電磁気の影響を受けてしまうことと、8 方位のみの出力なので $\pm 25^\circ$ 程度の誤差を含む可能性を持つことである。

これらを用いたシステム構成を Fig.1 に示す。OBC への入力として超音波センサからの距離データと方位センサからの方位データを用いる。OBC(On Board Computer)で障害物の有無や進行方向の正誤を判断し、駆動電圧を OBC からの出力として左右 2 つのモータを制御する。

5. センサ入力による制御

本制御システムは、GPS データが途切れた時点から開始する。

障害物の判断は、超音波センサからの距離データによって行う。超音波センサからの送信パルスは、障害物が存在すると反射する(Fig.3)。その送信パルスと検知した反射パルスの時間差から、障害物との距離を以下の式から計算する。

$$L = \frac{v \cdot t}{2}, \quad (1)$$

ただし、L:障害物との距離[m], v:音速[m/s], t:送信パルスと反射パルスの時間差[s].

求めた障害物との距離から回避が必要か判断する。回避が必要であれば方向転換し、必要なければ直進する。

方向の判断は、方位センサからの方位データによって行う。方位センサからのデータを Fig.4 のように 0 から 7 までの数値に変換し、その数値と目標方向に対応した数値の差をとる。差が 0 でなければ目標方向へ向いていないとして方向転換する。

障害物判断、方向判断が終了した時点で GPS データが受信できればセンサによる制御システムは終了する。逆に GPS データが受信できなければ再び障害物判断から繰り返す。

6. 実験結果

本制御システムの実験として Fig.5 に示す二駆動輪型

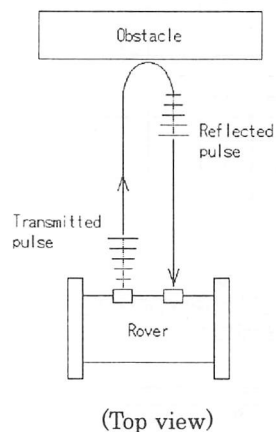


Fig.3 Ultrasonic pulse reflection

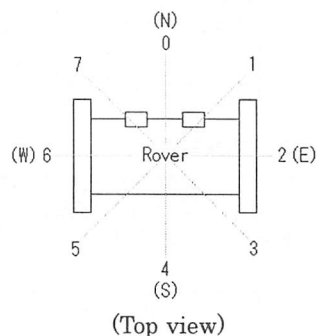


Fig.4 Numerical conversion of direction

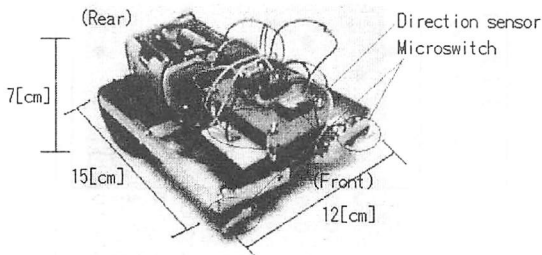


Fig.5 Produced rover

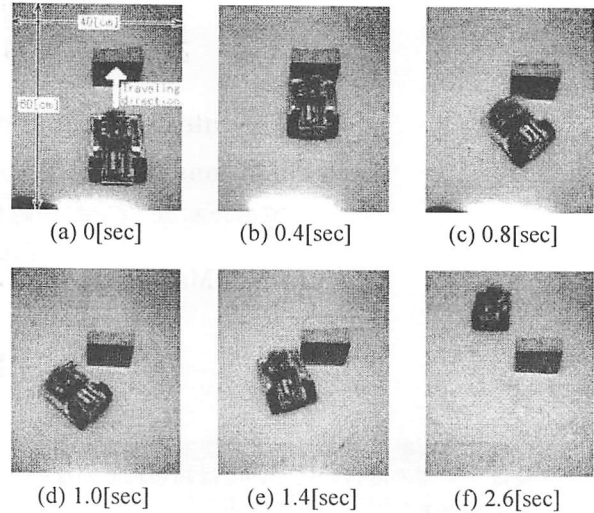


Fig.6 Experimental result

- ローバを製作し、屋内での動作検証を行った。実験用ローバは超音波センサの代わりにマイクロスイッチを用いて構造を簡易化した。実験は Fig.6(a)のように、目標方向へ進むローバの進路上に障害物を置いて走行が可能か検証した。ローバの走行結果を以下に示す(Fig.6)。
- (b)障害物に接触して障害物を検知する
 - (c)障害物を回避するために方向転換する
 - (d)障害物を検知しなくなる
 - (e)目標方向へ方向転換する
 - (f)再び目標方向へ走行する

これら一連の動作から、本システムは障害物回避や進路修正が可能であると言える。

7. おわりに

本研究では屋外環境下でのローバの自律走行に用いるシステムとして、超音波センサと方位センサによる制御システムを提唱した。実際に簡易化した機体を製作して動作検証した結果、本システムが障害物回避、進路修正に有効であることが判った。

今後の課題として、全てのシステム構成要素を用いた機体の製作、GPS と組み合わせた場合の動作検証、方向判断の精度向上などが挙げられる。

8. 参考文献

- [1] Mars exploration rover:
<http://marsrovers.jpl.nasa.gov/home/index.html>
- [2] 橋詰匠他."屋外環境下で用いる自律移動システムに関する研究(第 30 報)",日本機械学会, No.04-4, ロボティクス・メカトロニクス講演会'04 講演論文集,(2004)
- [3] 鈴木恵二, 北野勇."室内 GPS 構築の基礎研究",日本機械学会, No.04-4, ロボティクス・メカトロニクス講演会'04 講演論文集,(2004)
- [4] ARLISS:
<http://ssdl.stanford.edu/arlist/>